

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 87112982.1

51 Int. Cl. 4: G01F 1/66

22 Anmeldetag: 04.09.87

30 Priorität: 30.09.86 DE 3633228

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
06.04.88 Patentblatt 88/14

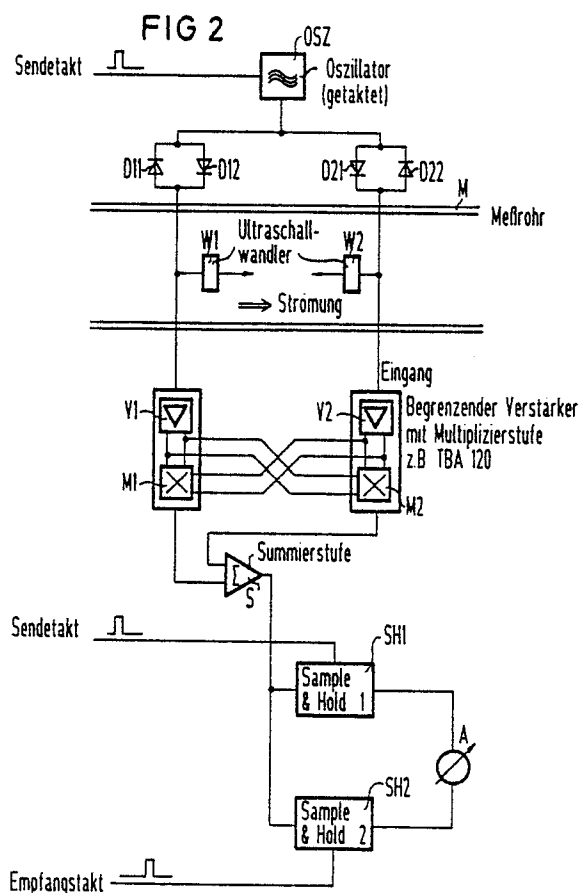
84 Benannte Vertragsstaaten:
DE ES FR GB IT SE

71 Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft Berlin und München**
Wittelsbacherplatz 2
D-8000 München 2(DE)

72 Erfinder: **Magori, Valentin, Dipl.-Phys.**
Limburgstrasse 17
D-8000 München 90(DE)

54 **Ultraschall-Strömungsgeschwindigkeitsmesser nach dem Phasendifferenz-Verfahren.**

57 Ein Ultraschall-Strömungsgeschwindigkeitsmesser nach dem Phasendifferenz-Verfahren, mit einer durch zwei sich in der Strömungsachse gegenüberstehenden Ultraschallwandler (W1, W2) innerhalb eines Meßrohrs gebildeten Strömungsmeßstrecke, welche Ultraschallwandler (W1, W2) getaktet durch einen Oszillator (OSZ) erregt werden, und mit den Ultraschallwandlern (W1, W2) individuell zugeordneten Empfangsverstärkern (V1, V2) und diesen nachgeordneten Auswerteeinrichtungen, wobei während des Empfangs von Ultraschallsignalen die Phasenlage der an den Ausgängen der Empfangsverstärker (V1, V2) auftretenden Signale ausgewertet wird. Jeder der Empfangsverstärker (V1, V2) ist fest mit dem ihm zugeordneten Ultraschallwandler (W1, W2) verbunden. Die Phasenlage zwischen den an den Ultraschallwandlern (W1, W2) anliegenden Signalen wird auch während des Sendens von Ultraschallsignalen ausgewertet, und die festgestellte Phasendifferenz wird als Referenzgröße verwendet, auf die die Phasendifferenz während des Empfangens bezogen wird.



Ultraschall-Strömungsgeschwindigkeitsmesser nach dem Phasendifferenz-Verfahren

Es sind bereits ein Verfahren und eine Anordnung zur Messung von Strömungsgeschwindigkeiten mit Ultraschall unter Ausnutzung der Phasendifferenz je eines stromauf und eines stromab gelaufenen Ultraschallsignals gleicher Lauflänge vorgeschlagen worden. Dabei konnte in vorteilhafter Weise auf billige Zwischenfrequenz-Verstärker-ICs für Rundfunkgeräte zurückgegriffen werden.

Nachteilig war bei dem derartigen Verfahren und einer derartigen Anordnung ist, daß

a) drei Ultraschallwandler aufgewendet werden müssen,

b) die Stromauf- und die Stromab-Meßstrecke nicht identisch sind und

c) der Phasennullpunkt bei den verwendeten ICs in der Regel nicht spezifiziert ist und daher individuell abgeglichen werden muß. Dabei ist nicht gewährleistet, daß dieser Abgleich bei Temperaturänderungen sowie aufgrund von Alterungseffekten erhalten bleibt.

Die Nachteile a) und b) werden nach dem Stand der Technik, vergl. z. B. DE-OS 27 24 661, dadurch umgangen, daß getakteter Schall, nämlich sog. "Schallbursts", gleicher Schallfrequenz gleichzeitig von beiden Wandlern ausgesendet wird. Die beiden "Schallbursts" durchlaufen die Meßstrecke in entgegengesetzten Richtungen, treffen nahezu gleichzeitig auf den jeweils entgegengesetzten Schallwandler auf und werden in elektrische Signale zurückverwandelt. Die zeitliche Länge t_B der Schallbursts ist so bemessen, daß die Schallwandler beim Eintreffen der Empfangssignale nicht mehr senden:

$$t_B \leq \frac{L}{c},$$

wobei L die Länge der Meßstrecke und c die Schallgeschwindigkeit bedeuten.

Die Phasendifferenz der beiden in unterschiedlicher Richtung gelaufenen Signale ist ein Maß für die Strömungsgeschwindigkeit v :

$$\Delta \varphi = \frac{4 \pi f L v}{c^2}$$

Der vorliegende Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Ultraschall-Strömungsgeschwindigkeitsmesser der eingangs genannten Art zu schaffen, der den zuvor erläuterten Nachteil "c)" auf einfache und zuverlässige Art und Weise beseitigt.

Zur Lösung der Aufgabe für die vorliegende Erfindung wird ein Ultraschall-Strömungsgeschwindigkeitsmesser der eingangs genannten Art und gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 vorgeschlagen, der durch die in dem kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmale charakterisiert ist.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind durch die in den Unteransprüchen angegebenen Merkmale gekennzeichnet.

Im folgenden wird die vorliegende Erfindung anhand mehrerer Figuren im einzelnen beschrieben, wobei die Figuren lediglich ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel für die Erfindung betreffen.

Fig. 1 zeigt eine Diagrammdarstellung des zeitlichen Verlaufs der Vorgänge während eines Meßvorgangs.

Fig. 2 zeigt eine Prinzipschaltung für eine bevorzugte Realisierungsform der erfindungsgemäßen Anordnung.

Gemäß dem Erfindungsgedanken sind die beiden Empfangsverstärker ständig mit den Ultraschall-Wandlern verbunden. Auch während des Sendens wird die Phasenlage zwischen den an den Schallwandlern anliegenden Signalen ausgewertet und diese Phasendifferenz als Referenz verwendet, auf welche die Phasendifferenz während des Empfangens bezogen wird (Fig. 1).

Die schaltungstechnische Verwirklichung des Erfindungsgedankens ist in Fig. 2 dargestellt:

Wie in Fig. 2 gezeigt, ist jeder der Empfangsverstärker V_1 , V_2 fest mit dem ihm zugeordneten Ultraschallwandler W_1 , W_2 verbunden. Die zwischen den an den Ultraschallwandlern W_1 u. W_2 liegenden Signale werden auch während des Sendens von Ultraschallsignalen ausgewertet, und die festgestellte Phasendifferenz wird als Referenzgröße verwendet, auf die die Phasendifferenz während des Empfangens bezogen wird (vergl. Fig. 1).

Im einzelnen ist Fig. 2 zu entnehmen, daß für jeden der Ultraschallwandler W_1 , W_2 ein als Sende/Empfangs-Umschalter fungierendes antiparallels Diodenpaar D_{11}/D_{12} , D_{21}/D_{22} vorgesehen ist, über welche Diodenpaare die Ultraschallwandler W_1 , W_2 mit einem ihrer elektrischen Anschlüsse fest an den Ausgang des Oszillators OSZ angeschlossen sind, wobei diese elektrischen Anschlüsse der Ultraschallwandler W_1 , W_2 jeweils unmittelbar mit dem Eingang des zugeordneten Empfangsverstärkers V_1 , V_2 verbunden sind, daß die Ausgänge der Empfangsverstärker V_1 , V_2 jeweils mit ersten Eingängen eines zugeordneten multiplikativen Mischers M_1 bzw. M_2 und mit zwei-

ten Eingängen des jeweils dem anderen Empfangsverstärker zugeordneten multiplikativen Mischers M2 bzw. M1 verbunden sind, daß die Ausgänge der multiplikativen Mischer M1, M2 jeweils mit einem Eingang einer Summierstufe S verbunden sind, daß der Ausgang der Summierstufe S mit dem Eingang eines ersten Abtast-und Halte (Sample-and-Hold) - Glieds SH1 und dem Ausgang eines zweiten Abtast-und Halteglieders SH2 verbunden ist, daß die Ausgänge des erste und des zweiten Abtast-und-Halte-Glieds SH1, SH2 an individuelle Eingänge einer Auswerteeinrichtung A angeschlossen sind, daß ein Aktivierungseingang des ersten Abtast-und-Halte-Glieds SH1 mit einem Sendetakt und ein Aktivierungseingang des zweiten Abtast-und-Halte-Glieds SH2 mit einem Empfangstakt beaufschlagt werden und daß die jeweils zweiten elektrischen Anschlüsse der Ultraschallwandler W1, W2 auf ein gemeinsames Betriebspotential gelegt sind.

Die Ausgangssignale der Abtast-und-Halte-Glieder SH1, SH2 werden vorzugsweise zur Bildung eines digitalen Phasendifferenzsignals einer digitalen Subtraktion unterzogen werden (nicht gezeigt). Eine andere Möglichkeit besteht darin, daß die Ausgangssignale der Abtast-und-Halte-Glieder SH1, SH2 zur Bildung eines digitalen Phasendifferenzsignals einem Vorwärts/Rückwärts-Zähler zugeführt werden, dessen Zählstand die jeweils auftretende Phasendifferenz repräsentiert (nicht gezeigt).

Zusammenfassend ist festzustellen, daß die beiden Wandler über je ein als Sende-Empfangs-Umschalter wirkendes antiparalleles Diodenpaar mit dem Sender verbunden sind. Die Ausgänge der beiden Empfangsverstärker sind, wie bereits beschrieben, überkreuz mit den Eingängen der multiplikativen Mischer verbunden, so daß eine Phasendifferenz der Signale eine komplementäre Veränderung beider Ausgangsspannungen bewirkt. Die Summe der Ausgangsspannungen beider Mischer wird während des Sendens mit einem ersten Abtast-und-Halte (Sample-and-Hold) - Glied, während des Empfangs mit einem zweiten Abtast-und-Halte - Glied abgespeichert. Die Differenz der beiden abgespeicherten Werte verkörpert die Strömungsgeschwindigkeit.

Eine direkte Auswertung der Wechselspannung, die sich am Ausgang der Phasenmodulatoren ergibt, könnte ebenfalls ein mögliches Auswerteverfahren darstellen. Dies könnte mit sehr geringem Aufwand durch synchrone Gleichrichtung der Wechselspannung am Ausgang der Summiererschaltung ähnlich einem bereits früher vorgeschlagenen Verfahren erfolgen. Hierdurch wäre eine hohe Fremdsignalunterdrückung gegeben, und die beiden Abtast-und-Halte-Glieder könnten entfallen.

Ansprüche

1. Ultraschall-Strömungsgeschwindigkeitsmesser nach dem Phasendifferenz-Verfahren, mit einer durch zwei sich in der Strömungsachse gegenüberstehenden Ultraschallwandler innerhalb eines Meßrohrs gebildeten Strömungsmeßstrecke, welche Schallwandler getaktet durch einen Oszillator erregt werden, und mit den Ultraschallwandlern individuell zugeordneten Empfangsverstärkern und diesen nachgeordneten Auswerteeinrichtungen, wobei während des Empfangs von Ultraschallsignalen die Phasenlage der an den Ausgängen der Empfangsverstärker auftretenden Signale ausgewertet wird, dadurch **gekennzeichnet**, daß jeder der Empfangsverstärker (V1, V2) fest mit dem ihm zugeordneten Ultraschallwandler (W1, W2) verbunden ist und daß auch während des Sendens von Ultraschallsignalen zwischen den an den Ultraschallwandlern (W1, W2) anliegenden Signalen ??? ausgewertet wird und die festgestellte Phasendifferenz als Referenzgröße verwendet wird, auf die die Phasendifferenz während des Empfangens bezogen wird (Fig. 1).
2. Ultraschall-Strömungsgeschwindigkeitsmesser nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß für jeden der Ultraschallwandler (W1, W2) ein als Sende/Empfangs-Umschalter fungierendes antiparalleles Diodenpaar (D11/D12, D21/D22) vorgesehen ist, über welche Diodenpaare die Ultraschallwandler (W1, W2) mit einem ihrer elektrischen Anschlüsse fest an den Ausgang des Oszillators (OSZ) angeschlossen sind?, wobei diese elektrischen Anschlüsse der Ultraschallwandler (W1, W2) jeweils unmittelbar mit dem Eingang des zugeordneten Empfangsverstärkers (V1, V2) verbunden sind, daß die Ausgänge der Empfangsverstärker (V1, V2) jeweils mit ersten Eingängen eines zugeordneten multiplikativen Mischers (M1 bzw. M2) und mit zweiten Eingängen des jeweils dem anderen Empfangsverstärker zugeordneten multiplikativen Mischers (M2 bzw. M1) verbunden sind, daß die Ausgänge der multiplikativen Mischer (M1, M2) jeweils mit einem Eingang einer Summierstufe (S) verbunden sind, daß der Ausgang der Summierstufe (S) mit dem Eingang eines ersten Abtast-und Halte (Sample-and-Hold) - Glieds (SH1) und dem Ausgang eines zweiten Abtast-und Halteglieders (SH2) verbunden ist, daß die Ausgänge des erste und des zweiten Abtast-und-Halte-Glieds (SH1, SH2) an individuelle Eingänge einer Auswerteeinrichtung (A) angeschlossen sind, daß ein Aktivierungseingang des ersten Abtast-und-Halte-Glieds (SH1) mit einem Sendetakt und ein Aktivierungseingang des zweiten Abtast-und-Halte-Glieds (SH2) mit einem Empfangstakt beaufschlagt werden und daß die

jeweils zweiten elektrischen Anschlüsse der Ultraschallwandler (W1, W2) auf ein gemeinsames Betriebspotential gelegt sind.

3. Ultraschall-Strömungsgeschwindigkeitsmesser nach Anspruch 1 oder 2, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Ausgangssignale der Abtast-und-Halte-Glieder (SH1, SH2) zur Bildung eines digitalen Phasendifferenzsignals einer digitalen Subtraktion unterzogen werden.

4. Ultraschall-Strömungsgeschwindigkeitsmesser nach Anspruch 1 oder 2, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Ausgangssignale der Abtast-und-Halte-Glieder (SH1, SH2) zur Bildung eines digitalen Phasendifferenzsignals einem Vorwärts/Rückwärts-Zähler zugeführt werden, dessen Zählstand die jeweils auftretende Phasendifferenz repräsentiert.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

4

FIG 1

ab hier entgegengesetzte
Richtung der Strömung

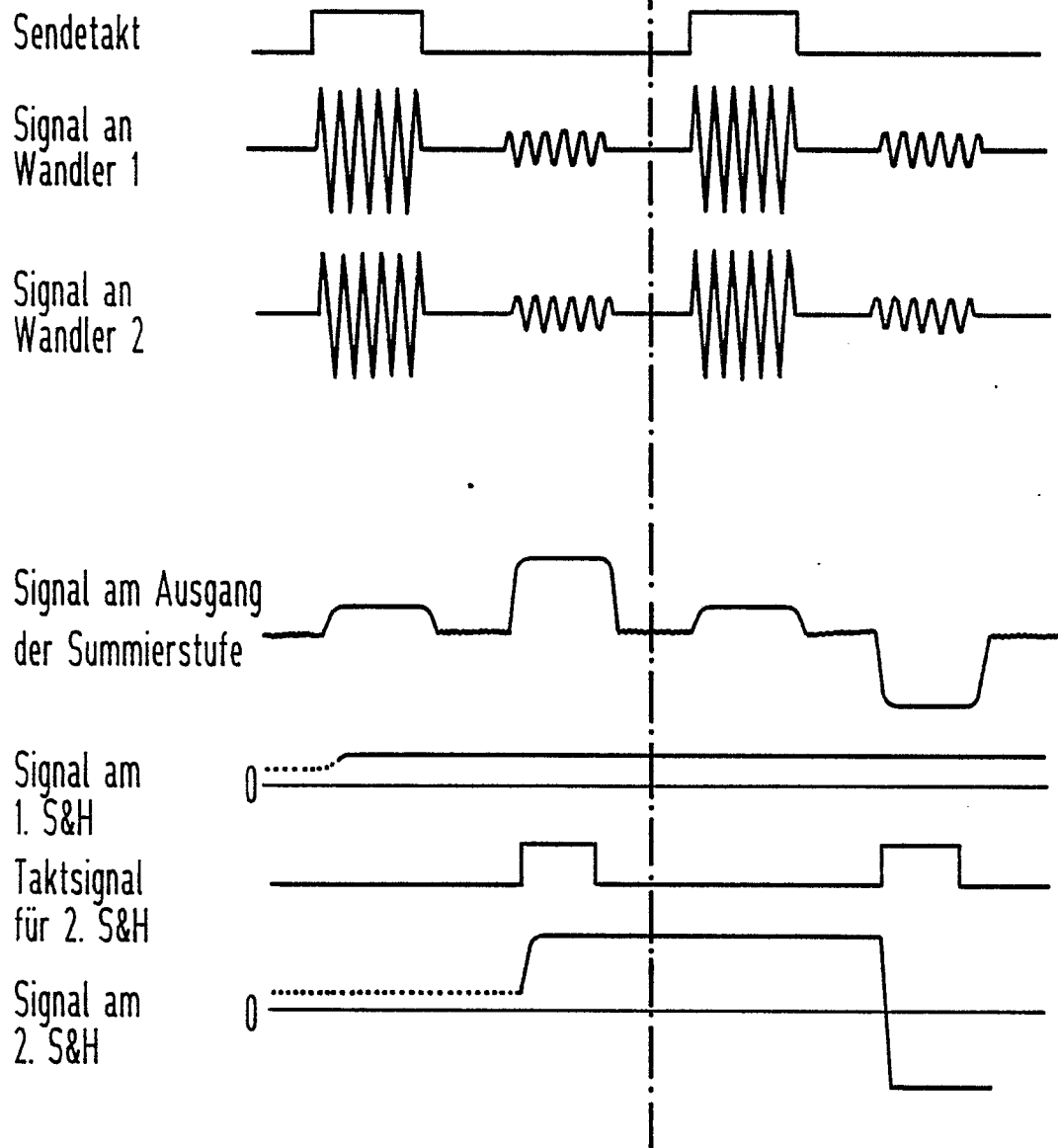


FIG 2

